SOLVENTIA ENERGY

Expediente técnico integral de diseño, ingeniería y validación

AI Gigafactory Energy Risk Observatory — Observatorio de riesgo energético asociado a la expansión de infraestructuras de inteligencia artificial.

Versión: 1.0 · Fecha: 16 de noviembre de 2026 · Idioma: español · Horizonte: 24 meses.

Presupuesto estimado: 523.600 € · Tipo de documento: especificación de proyecto, no certificación de sistema implementado.

Estado verificable: existen antecedentes de investigación, un inventario internacional de instalaciones, escenarios de demanda calculados y referencias institucionales, según el dossier precedente. No se han aportado aquí inventario primario, repositorio de código, contratos, pruebas de laboratorio o registros operativos para auditar. La conectividad a redes eléctricas, la predicción local validada, los pilotos, clientes, patentes y financiación permanecen no acreditados.

Uso previsto: documentación de ingeniería, planificación de contratación, discusión con socios técnicos e inversores y base para elaborar una especificación contractual. No sustituye estudios de conexión, evaluaciones de estabilidad, dictámenes regulatorios ni informes de ingeniería firmados.

Índice de contenido

- 1. Control documental y alcance
- 2. Problema, objetivos y requisitos del sistema
- 3. Parte A — investigación, datos y metodología
- 4. Parte B — arquitectura, subsistemas y algoritmos
- 5. Modelo de datos y contratos de integración
- 6. Cálculo energético y evaluación de riesgo
- 7. Bucle operativo, alertas y gobierno editorial
- 8. Parte C — demostración, pilotos, mercado y escalabilidad
- 9. Seguridad, privacidad, propiedad intelectual y operaciones
- 10. Verificación, validación y plan de ensayos
- 11. Plan de implementación, dependencias e hitos
- 12. Budget integral y conciliación
- 13. Gestión de riesgos y decisiones de continuidad
- 14. Anexos: casos de prueba, ficha de fuentes, APIs, RACI y aceptación
- 15. Declaración de madurez y cierre

La numeración describe un proyecto de solución futura. Los criterios y objetivos cuantitativos indicados son especificaciones propuestas que deberán aprobarse y contrastarse; no representan resultados históricos.

1. Control documental y alcance

1.1 Propósito y público

Establecer de forma suficientemente concreta qué se construirá, cómo deberá operar, qué variables aceptará, cómo se documentará la incertidumbre, cómo se demostrará su funcionamiento y qué recursos serán necesarios. Destinatarios: dirección de proyecto, ingeniería eléctrica, ingeniería de software, expertos en datos, auditores técnicos, colaboradores industriales, organismos financiadores y potenciales clientes.

1.2 Entregables incluidos y excluidos

- Incluido: especificación funcional y no funcional; diseño de ingesta y esquema de datos; fórmulas reproducibles; propuesta de clasificación condicionada; flujo humano de aprobación; interfaces técnicas; protocolos de ensayo; pilotos; cronograma, roles y presupuesto.
- Excluido: acceso privilegiado a redes y telemetría de operadores; medidas físicas certificadas; automatización de decisiones del sistema eléctrico; garantía de capacidad de conexión; predicción verificable de apagones; monetización demostrada o datos propietarios licenciados.

1.3 Términos críticos

Término	Definición operativa
Centro de datos / gigafactoría de IA	Instalación informática intensiva en energía; la denominación comercial no determina por sí sola la magnitud de potencia.
MW IT / MW instalación	Potencia de carga informática frente a potencia total de instalación; nunca se sumarán ni confundirán sin conversión explícita.
Capacidad de conexión	Potencia técnicamente y administrativamente asignable a un punto y horizonte; no equivale a generación regional.
Escenario	Conjunto documentado de supuestos, horizontes y variables; no constituye predicción factual.
Riesgo contextual	Señal de exposición a restricciones conocidas; no probabilidad de interrupción del servicio.
Evidencia suficiente	Fuentes trazables, vigentes, comparables en unidad, lugar y fecha, y revisadas cuando afectan a conclusiones críticas.

1.4 Convenciones y principios

- Toda observación deberá registrar fuente, fecha de publicación, fecha efectiva, fecha de captura, licencia, estado de verificación y versión.
- La ausencia de datos se codificará como desconocido, nunca como cero.
- Las relaciones potencia-demanda y demanda-capacidad se condicionarán a límites espaciales, temporales y físicos comparables.
- No se emitirán alertas categóricas de déficit a partir de anuncios de proyectos y generación agregada.

2. Problema, objetivos y requisitos del sistema

2.1 Necesidad y pregunta de ingeniería

La expansión prevista de centros de datos impulsados por IA puede incorporar cargas concentradas con calendarios diferentes de los refuerzos de generación, transporte y distribución. La pregunta de ingeniería no es «¿habrá un apagón?», sino «¿qué demanda adicional está prevista, qué restricciones documentadas existen en la escala pertinente, qué información falta y qué decisiones conviene examinar?»

2.2 Objetivos y resultados esperados

ID	Objetivo verificable	Evidencia esperada
OBJ-01	Inventario trazable y deduplicado de instalaciones	Ficha con proyecto, geografía, estado, magnitudes y fuentes.
OBJ-02	Simulador versionado de carga eléctrica	Casos de referencia, ecuaciones y resultados reproducibles.
OBJ-03	Contrastación territorial condicionada	Restricciones documentadas o resultado explícito «sin datos suficientes».
OBJ-04	Panel e informes explicables	Resultados con fecha, variables, responsables y límites.
OBJ-05	Validación externa de un caso piloto	Acta de revisión independiente y registro de discrepancias.
OBJ-06	Análisis de disposición de pago	Entrevistas y propuestas comerciales, no ventas supuestas.

2.3 Requisitos funcionales (RF)

Código	Requisito
RF-01	Registrar fuentes por URL/identificador, emisor, licencia, fecha y fiabilidad; permitir suspensión y retirada de fuente.
RF-02	Importar, normalizar y versionar instalaciones; mantener alias, duplicados candidatos y decisiones de fusión.
RF-03	Representar potencias con unidad, tipo, alcance, año y etiqueta observada/estimada.
RF-04	Crear escenarios bajo, central y alto; guardar parámetros y control de versiones.
RF-05	Calcular potencia efectiva y consumo por periodo; distinguir instalaciones por rampas de entrada.
RF-06	Vincular cada carga al área energética pertinente solo cuando exista correspondencia defendible.
RF-07	Registrar capacidad/restricción documentada sin inferirla de datos inconmensurables.
RF-08	Calcular indicadores de exposición y clasificar evidencia como suficiente, parcial o insuficiente.
RF-09	Habilitar revisión humana y aprobación antes de publicar conclusiones sensibles.
RF-10	Producir informes PDF/CSV con citas, hipótesis, límites y fecha de corte.
RF-11	Registrar feedback, falsos positivos, correcciones y cambios de metodología.
RF-12	Gestionar usuarios, roles, autorizaciones, auditoría y recuperación.

2.4 Requisitos no funcionales propuestos (RNF)

Código	Umbral inicial de diseño	Medición
RNF-01	100 % de cálculos publicados reproducibles desde una versión de datos y parámetros.	Reejecución automatizada.
RNF-02	Ningún registro sin procedencia se publicará como confirmado.	Prueba de integridad.
RNF-03	Disponibilidad objetivo de entorno piloto: 99 % mensual, tras despliegue.	Monitorización futura.
RNF-04	Interfaz de consulta típica: respuesta p95 inferior a 3 s en conjunto piloto definido.	Prueba de carga.
RNF-05	Copias diarias, restauración probada, RPO 24 h y RTO 48 h en piloto.	Ensayo de restauración.
RNF-06	Cambios críticos y alertas sometidos a autorización por segundo revisor.	Registro de aprobación.
RNF-07	Logs de auditoría con controles de acceso y retención definida por política.	Inspección y muestreo.

3. PARTE A — Investigación, datos y metodología

3.1 A1. Construcción de universo de proyectos

La unidad primaria de inventario será la instalación física o proyecto individual, no el anuncio de prensa. Un mismo campus podrá integrar fases de ampliación: se representarán con relación padre-hijo para impedir sumar dos veces la capacidad total y la capacidad de fase. Cada registro almacenará jurisdicción, latitud/longitud aproximada, precisión geográfica, promotor, estado del proyecto y cronograma anunciado.

3.2 A2. Procedimiento de investigación y jerarquía de fuentes

- Nivel 1: documentos de operadores de red, reguladores, administraciones, expedientes técnicos o declaraciones corporativas primarias; documentar condiciones de uso.
- Nivel 2: comunicados y presentaciones verificables del promotor; tratar las cifras futuras como anunciadas.
- Nivel 3: prensa especializada y bases comerciales con licencia; usarlas como pistas o contraste, no sustitutos automáticos de la fuente primaria.
- Nivel 4: estimaciones analíticas; etiquetarlas con modelo, parámetros y responsable.

Una ficha debe pasar por detección, identificación de entidad, comprobación de magnitud, control de geografía, resolución de duplicidad, registro de evidencia y revisión editorial. Si un dato contradice una fuente primaria más reciente, se preservarán ambas versiones con justificación y fecha.

3.3 A3. Diccionario y calidad de datos

Campo mínimo	Tipo / ejemplo	Control
project_id	UUID estable	No reutilizable; clave de instalación.
site_name / aliases	Texto / conjunto	Normalización de nombres y duplicados.
geo / accuracy	Coordenadas / precisión	Distinguir domicilio, municipio y centroide.
status / effective_date	Anunciado, en permisos, construcción, operativo, cancelado	Estado observado y fecha efectiva.
power_value / power_type	Número positivo / IT, total, conexión, estimación	Prohibido combinar tipos sin conversión.
commissioning_start / phase	Fecha/rango / fase	No asignar fecha exacta si solo existe año.
source_id / source_date	Identificador + fechas	Evidencia y acceso documentados.
verification / uncertainty	Borrador, revisado, disputado; rango	Bloquea publicación si es crítico.

3.4 A4. Modelo de cobertura y sesgos

Para cada país y territorio se reportarán: porcentaje de instalaciones con ubicación útil, potencia comparable, horizonte de entrada, fuente primaria, fecha vigente y licencia compatible. El sistema evitará ordenar territorios de forma concluyente cuando la cobertura de datos sea heterogénea; los vacíos regulatorios o comerciales se describirán como limitaciones del estudio.

3.5 A5. Diseño de escenarios y validación científica

Se definirán escenarios bajo, central y alto con parámetros explícitos de potencia, grado de utilización, PUE cuando aplique, años de implantación y rampas. Antes de publicar un resultado se repetirán cálculos mediante hoja independiente y, cuando existan datos de referencia autorizados, se contrastará con magnitudes oficiales. Se probará sensibilidad a ±10 % de carga y a retrasos de puesta en servicio.

3.6 A6. Entregables y puerta de decisión

Entregable	Contenido	Criterio de aceptación
DA-01	Inventario curado y registro de fuentes	Duplicados y campos críticos revisados.
DA-02	Diccionario de datos y taxonomía	Tipos de MW y estados inequívocos.
DA-03	Manual de escenarios	Cálculos unitarios y rangos reproducibles.
DA-04	Nota de factibilidad territorial	Separación entre datos útiles y vacíos.
DA-05	Informe de incertidumbres	Hipótesis no confirmadas y límites visibles.

Gate A: continuar al MVP solo si es posible reproducir al menos un ejemplo con fuente, unidad, fecha y supuestos claros; si los datos locales son insuficientes, limitar explícitamente la fase a modelización de demanda.

4. PARTE B — Diseño de ingeniería de la plataforma

4.1 Arquitectura lógica de referencia

Fuentes autorizadas → Captura/ETL → Almacén inmutable de evidencias → Normalización y resolución de entidades → Base geoespacial versionada → Motor de escenarios → Evaluación de riesgo con compuerta de evidencia → Revisión humana → API/Panel/Informes → Feedback y reejecución.

La separación entre evidencias crudas, datos normalizados, resultados calculados y publicaciones es obligatoria: permite corregir errores, reconstruir un informe histórico y auditar una decisión. No se propone ningún vínculo directo para control de la red eléctrica.

4.2 Subsistemas, entradas y salidas

Subsistema	Entradas	Salidas / control
S1 Captura	Fuentes HTML/PDF/CSV/API permitidas	Documentos, hashes, metadatos y cola de revisión.
S2 Identidad y calidad	Registros y alias	Instalaciones normalizadas, conflictos y decisiones.
S3 Simulación	Potencias, cronogramas, escenarios	MW, GWh, bandas y sensibilidades.
S4 Geografía y red	Zonas, puntos, información de red	Vinculación condicionada y lagunas declaradas.
S5 Riesgo	Escenarios, restricciones verificadas	Indicadores y categoría «no evaluable».
S6 Publicación	Revisión, plantillas, citas	Informe versionado y tablero.
S7 Gobierno	Roles, consentimientos, políticas	Historial de acciones y control de cambios.

4.3 Tecnologías candidatas (no seleccionadas contractualmente)

Implementación de referencia: backend Python y API HTTP; PostgreSQL/PostGIS para relaciones y geografía; almacenamiento de objetos para documentos; motor de tareas con cola; frontend web basado en componentes; contenedores; observabilidad de logs y métricas. La selección definitiva deberá resultar de una comparativa de costes, licencias, mantenimiento y compatibilidad con el equipo contratado.

4.4 Servicios y frontera de confianza

- Servicio de documentos: captura con lista de fuentes permitidas, límites de frecuencia y metadatos; los ficheros sin licencia clara quedan en cuarentena.
- Servicio de catálogo: entidades y potencias con historial temporal; la fusión de instalaciones requiere confirmación o regla determinista auditable.
- Servicio de escenarios: cálculo sin efectos laterales, identificador de ejecución y manifiesto con versiones.
- Servicio de evaluación: las reglas de evidencia deciden si el riesgo puede estimarse; ningún modelo de lenguaje sustituye este control.
- Servicio de informes: renderiza únicamente resultados aprobados, siempre mostrando reservas y fechas.

4.5 Diseño de datos bitemporal

Cada atributo relevante tendrá fecha efectiva (cuándo era verdadero en el mundo) y fecha de registro (cuándo llegó al sistema). Los informes se podrán reconstruir «según información conocida el día X» y «según realidad declarada para el año Y». El evento de cambio conservará actor, evidencia y motivo. Las correcciones crearán versión nueva; no sobrescribirán silenciosamente una evaluación publicada.

4.6 IA documental delimitada

Un modelo de extracción podrá sugerir nombres, potencias y fechas desde documentos, pero cada sugerencia conservará fragmento y fuente originales, puntuación de calidad del extractor y revisión humana para campos críticos. La medición de precisión y cobertura se hará sobre un conjunto etiquetado; un documento adversarial o una instrucción incrustada en fuente externa nunca podrá alterar las políticas o ejecutar acciones.

4.7 Diseño de interfaz

- Vista de cartera global: filtros por fase, fechas, tipo de potencia, procedencia y cobertura; mapa con precisión geográfica visible.
- Vista territorial: cargas por fecha, escenarios alternativos, restricciones documentadas, advertencias y cambios recientes.
- Ficha de instalación: cronología, alias, fuentes, unidad de potencia, conflictos y notas.
- Panel de calidad: incompletitud, documentos pendientes, decisiones de fusión y estado de aprobación.
- Exportación: resumen ejecutivo, anexo metodológico, versión, fecha, hipótesis, trazabilidad de cálculo y lista de fuentes.

4.8 Criterios de cierre B

Se deberá demostrar un circuito extremo a extremo con al menos un territorio, desde entrada y revisión del dato hasta resultado reproducible, exportación y corrección de una evidencia. La aprobación interna no acredita aún rendimiento industrial ni precisión predictiva.

5. Modelo de datos y contratos de integración

5.1 Entidades y relaciones propuestas

Entidad	Clave / relaciones	Atributos esenciales
Source	source_id	URL/DOI, licencia, emisor, idioma, fechas, hash.
Document	document_id → source_id	Versión, ubicación, fragmentos y huella.
ProjectSite	site_id	Nombre, alias, ubicación, promotor, jurisdicción.
CapacityClaim	claim_id → site_id, document_id	Valor, unidad, alcance, periodo, estatus y validador.
ProjectPhase	phase_id → site_id	MW por fase, fecha, estado y dependencia.
GridEvidence	grid_id → zona/documento	Tipo de límite, tensión, horizonte y condiciones.
Scenario	scenario_id → versión	Supuestos, fases, factores y responsable.
ScenarioRun	run_id → scenario_id	Versiones, resultados, checksum, ejecución.
RiskAssessment	assessment_id → run_id	Elegibilidad, indicadores, advertencias, revisión.
Publication	publication_id → assessment_id	Fecha, editor, destinatario, enlace y rectificaciones.

5.2 Contrato mínimo de evento

Un evento de cambio incluirá event_id, entity_id, event_type, recorded_at, effective_at, author/source, previous_version, new_version, evidence_ids y reason_code. Eventos de ejemplo: PROJECT_ANNOUNCED, CAPACITY_REVISED, STATUS_CHANGED, GRID_EVIDENCE_ADDED, CLAIM_DISPUTED, RISK_RECALCULATED, PUBLICATION_RETRACTED.

5.3 Contratos API de referencia

Método / recurso	Semántica	Control
GET /v1/sites	Consulta paginada con filtros de estado y fecha	Permisos, versión, límites de tasa.
GET /v1/sites/{id}/claims	Potencias declaradas y evidencias asociadas	Mostrar tipo, fecha y nivel de verificación.
POST /v1/scenarios	Crear escenario con hipótesis explícitas	Validar unidades y rangos.
POST /v1/scenario-runs	Ejecutar cálculo determinista	Guardar manifiesto y hash.
GET /v1/risk-assessments/{id}	Consultar evaluación y suficiencia	Distinguir «no evaluable».
POST /v1/reviews/{id}/decision	Aprobar, rechazar o devolver	Firma lógica y bitácora.
GET /v1/publications/{id}	Informe emitido y correcciones	Acceso sujeto a licencia y rol.

5.4 Validaciones y errores

Errores normalizados: INVALID_POWER_TYPE, NEGATIVE_CAPACITY, CONFLICTING_SOURCE, INCOMPATIBLE_TIME_WINDOW, GEO_SCOPE_MISMATCH, INSUFFICIENT_GRID_DATA, UNLICENSED_SOURCE y REVIEW_REQUIRED. Una respuesta negativa no debe devolver números aparentemente precisos ni valores por defecto que encubran incertidumbre.

6. Motor matemático y evaluación territorial

6.1 Variables, unidades y consistencia

Símbolo	Magnitud	Definición
P_IT	MW	Potencia TI si la fuente declara capacidad informática.
P_total	MW	Potencia total de instalación, si está disponible.
PUE	Adimensional	Relación de energía total frente a carga TI, para periodo comparable.
u(t)	0–1	Fracción de utilización de la capacidad relevante.
a(t)	0–1	Fracción de la capacidad instalada efectivamente puesta en servicio.
E	GWh	Energía en el intervalo modelizado.
C_red(t)	MW	Límite documentado y compatible del nodo/zona y horizonte; puede ser desconocido.

6.2 Ecuaciones auditables

Potencia total desde TI: P_total(t) = P_IT(t) × PUE(t), únicamente cuando la fuente indica MW IT y la definición/periodo de PUE es compatible. Si la potencia publicada ya es total, no volver a multiplicar por PUE.

Potencia media anual: P_media(t) = P_referencia(t) × a(t) × u(t); definir si la utilización se aplica a capacidad total o TI para evitar doble conteo.

Energía anual: E_GWh = Σ_h P_total,h / 1.000 para horas h, o en hipótesis constante E_GWh = P_total_MW × u × horas / 1.000. Para un año ordinario aproximado, horas=8.760; años bisiestos o periodos parciales deben ajustarse.

Potencia coincidente: Σ cargas nominales no representa necesariamente demanda pico coincidente. El estudio debe declarar factores de simultaneidad o conservar el resultado como límite superior hipotético.

6.3 Caso aritmético reproducible

Escenario	P total declarada	Utilización	Energía anual
Bajo	100 MW	40 %	350,4 GWh
Central	100 MW	70 %	613,2 GWh
Alto	100 MW	100 %	876,0 GWh

Ejemplo exclusivamente hipotético. Si los 100 MW fueran potencia TI en vez de potencia total, sería necesario incorporar PUE para estimar consumo total, manteniendo esa transformación explícita.

6.4 Calendarios, rampas y agregación

Cada fase podrá representar una potencia nominal, fecha estimada de puesta en servicio, rampa mensual y estado. Para un territorio se agregarán solamente potencias compatibles y no duplicadas. Si los hitos de red no se alinean temporalmente con el nuevo consumo, el informe documentará el desfase, no una conclusión automática de déficit.

6.5 Compuerta de evaluabilidad del riesgo

- Condición 1: identificar nodo/zona eléctrica y tensión con fundamento técnico; coincidencia administrativa no es suficiente.
- Condición 2: identificar el tipo de dato de red y su valor: demanda, capacidad disponible, permisos, restricciones, obras previstas; no son equivalentes.
- Condición 3: comparar fechas y estado administrativo/operativo de cargas y refuerzos.
- Condición 4: disponer de procedencia y licencia que permitan análisis/publicación.
- Condición 5: revisión de ingeniería eléctrica si se expresará conclusión cuantitativa sobre suficiencia.

Si alguna condición crítica falla, la evaluación será INFORMACIÓN INSUFICIENTE; se podrá describir exposición de demanda y las lagunas pendientes, pero no declarar saturación comprobada.

6.6 Indicadores condicionados

Indicadores permitidos: potencia incremental anunciada (MW), energía anual por escenario (GWh), número de proyectos por estado, incertidumbre temporal, cobertura documental, desfase anunciado de fechas y razón demanda/capacidad únicamente cuando numerador y denominador midan magnitudes físicamente comparables. Una razón alta no se traduce en probabilidad numérica de apagón.

6.7 Reglas de publicación y falsa precisión

La versión piloto puede usar categorías descriptivas como «exposición relevante», «requiere estudio» o «no evaluable», pero cualquier clasificación tipo alto/medio/bajo exige una metodología calibrada y aprobada previamente. No se presentarán decimales, límites ni intervalos de confianza como inferencia estadística si proceden de meros supuestos.

7. Bucle operativo y alertas

7.1 Ciclo cerrado en nueve etapas

Etapa	Procedimiento y control
01 Detectar	Vigilancia de fuentes autorizadas y recepción de novedades; cada hallazgo abre un expediente con fecha.
02 Verificar	Contrastar entidad, potencia, tipo, fase, localización, estado y licencia; revisar duplicados.
03 Versionar	Guardar documento, datos anteriores, actor, hora, motivo y cambios.
04 Simular	Recalcular escenarios afectados, manteniendo parámetros y hashes.
05 Contrastar	Vincular datos energéticos documentados compatibles, o marcar ausencia de ellos.
06 Calificar	Aplicar reglas explícitas de suficiencia y evaluar indicadores que procedan.
07 Revisar	Revisión humana de resultados sensibles, excepciones y discrepancias.
08 Informar	Publicar panel, informe o aviso condicionado; almacenar lista de destinatarios y versión.
09 Aprender	Registrar correcciones y feedback; modificar política/versiones con aprobación y reiniciar el ciclo.

7.2 Estados del expediente de evaluación

NUEVO → EN_TRIAGE → EN_VERIFICACIÓN → APTO_PARA_SIMULACIÓN → CALCULADO → EN_REVISIÓN → APROBADO → PUBLICADO. Estados alternativos: BLOQUEADO_POR_DATOS, RECHAZADO, RETRACTADO. Ningún artefacto cambia directamente de NUEVO a PUBLICADO.

7.3 Políticas de alerta

Las alertas solo se activarán ante cambios materiales definidos por versión de reglas (por ejemplo, modificación documentada de MW o plazo), no por simple detección de un titular. Una alerta incluirá proyecto, territorio, evento, fuente, hipótesis afectada, fecha, calidad de evidencia, nivel de revisión y acción recomendada. El canal de entrega y umbral quedarán parametrizados.

7.4 Cadencias orientativas y controles

Exploración de fuentes automáticas: semanal si las licencias lo permiten; revisión editorial: mensual; revisiones extraordinarias: para evidencia de alto impacto. La cadencia no es un nivel de servicio contratado. Alertas incorrectas serán rectificadas mediante versión y comunicación de corrección, no supresión silenciosa.

7.5 Ejemplo de extremo a extremo

Se recibe anuncio de una instalación hipotética de 100 MW en 2029; la revisión determina que se trata de potencia total, registra fuente y evita duplicar una noticia previa. El escenario central usa u=0,70 y entrega 613,2 GWh/año en régimen anual completo. Como no hay capacidad de conexión local verificada, el informe indica «carga proyectada: 100 MW; capacidad local no acreditada; riesgo de insuficiencia no cuantificable» y crea tarea de investigación.

8. PARTE C — Validación, mercado y escalabilidad

8.1 Diseño de validación técnico-industrial

Antes del piloto se firmará un plan con territorio, preguntas de decisión, fuentes y permisos, punto temporal de corte, métricas, responsables y procedimiento de salida. El piloto no requerirá conexión operativa a una red: podrá ejecutarse con datos públicos y contrastes autorizados. Para reclamar precisión predictiva se exigirán series históricas representativas y prueba fuera de muestra.

8.2 Piloto 1: demostración reproducible con datos públicos

- Alcance: una región española con documentación suficiente; la selección será resultado de una matriz de disponibilidad, no una elección arbitraria.
- Procedimiento: registrar anuncios; revisar potencias; modelar tres escenarios; localizar planes de red citables; comprobar límites de comparación; producir informe y acta de revisión.
- Resultados aceptables: simulación validada y análisis contextual; la conclusión «información insuficiente» puede ser científicamente correcta.

8.3 Piloto 2: socio industrial opcional

Si se obtiene acuerdo, se estudiará una segunda geografía o un caso con datos bajo confidencialidad. Se definirán controles de divulgación, segregación de datos por cliente, procedimientos de devolución y borrado. Las pruebas no implican recomendaciones de operación eléctrica sin supervisión especializada.

8.4 Plan comercial de experimentación

Experimento	Qué se medirá	Criterio de decisión
Entrevistas ≥10	Usuarios, frecuencia del problema y herramientas alternativas	Problema recurrente y presupuesto responsable identificado.
Informe de pago simulado	Utilidad, formato y objeciones	Señal documentada de disposición a contratar.
Propuesta comercial ≥1	Alcance y valoración por cliente potencial	Aceptación, rechazo o cambios solicitados.
Pilotos hasta 2	Tiempo ahorrado, errores, confianza y datos necesarios	Decisión sobre producto y segmento.
Costes de servicio	Horas por informe, datos, soporte	Modelo bruto de margen revisado.

8.5 Modelo de ingresos propuesto

Líneas candidatas: licencias por territorio o cartera, informes de diligencia debida por inversión y servicios analíticos bajo contrato. Precios y márgenes no están demostrados. Antes de fijar tarifas se medirán coste de dato, horas de analista, nivel de soporte, responsabilidad contractual y ciclos de adquisición.

8.6 Diferenciación y estrategia de propiedad intelectual

Diferenciación aspiracional: trazabilidad de inventarios, transparencia de supuestos, relación temporal entre nueva carga y restricciones documentadas y comunicación responsable de incertidumbre. La titularidad del software, marca, modelos y datasets deberá confirmarse por contratos; no se declara patente ni derecho exclusivo sobre datos de terceros.

8.7 Criterios de salida al mercado

Go: evidencia suficiente en un caso, calidad y seguridad mínimas, revisión independiente satisfactoria y señal de compra. Pivot: problema confirmado pero solución poco útil o cara. Pausar: datos estructurales inaccesibles, errores físicos o falta persistente de demanda. Ninguna decisión debe sustentarse solo en demostraciones visuales.

9. Seguridad, privacidad y operaciones

9.1 Modelo de amenazas

Amenazas principales: modificación no autorizada de fuentes, inyección de instrucciones en documentación externa, fuga de datos bajo licencia, alteración de escenarios, divulgación de resultados no revisados, credenciales comprometidas y errores de atribución. El análisis de amenazas se realizará por activo, actor, impacto y mitigación.

9.2 Controles mínimos

- Identidades individuales y MFA para cuentas con edición o publicación; roles mínimos: lector, analista, editor, responsable técnico y administrador.
- Separación de entornos desarrollo/pruebas/producción; secretos fuera del código; cifrado de conexiones y de almacenamiento según sensibilidad.
- Escaneo de dependencias, revisión de código, control de cambios y despliegues reversibles.
- Comprobación de licencias y acuerdos de datos antes de uso comercial; aislamiento por cliente si se integran datos confidenciales.
- Copias verificadas y ensayo de restauración; registro de accesos, incidentes y rectificaciones.
- Pruebas de resiliencia de ingestión e instrucciones maliciosas en contenido de terceros.

9.3 Protección de datos y normativa

Se minimizarán datos personales; la mayoría de fuentes deberían centrarse en instalaciones, organizaciones y expedientes. Si existe tratamiento de datos personales se documentará base jurídica, finalidades, plazos de conservación, encargados y derechos de las personas. Antes de comercializar se revisarán obligaciones aplicables, incluyendo normativa de privacidad, derechos sobre bases de datos y condiciones de uso de proveedores de IA; no se presupone automáticamente una clasificación regulatoria concreta.

9.4 Operación y soporte

Se definirá catálogo de incidencias (seguridad, calidad de dato, disponibilidad, cálculo y publicación), severidades con tiempos internos propuestos, responsable de guardia y procedimiento de revocación de informes. No se anunciarán SLA antes de disponer de equipo, monitorización y contrato operativo.

10. Verificación, validación y plan de ensayos

10.1 Pirámide de pruebas

Unidad: fórmulas, unidades, fechas, versión y estados. Integración: ingesta, documento, entidad, simulación, riesgo y reporte. Sistema: end-to-end con datos congelados. Seguridad: autenticación, permisos y comportamiento ante documentos maliciosos. Validación de dominio: revisión por ingeniería independiente.

10.2 Matriz de pruebas detallada

ID	Caso / procedimiento	Resultado esperado
TC-01	Dos anuncios refieren misma instalación, uno cita fase y otro campus.	No duplicar MW; conservar ambas evidencias.
TC-02	Poder local desconocido frente a 100 MW de nueva carga.	No inferir déficit; «no evaluable».
TC-03	100 MW totales, utilización 0,4 / 0,7 / 1,0.	350,4 / 613,2 / 876 GWh, sin doble PUE.
TC-04	100 MW IT, PUE=1,20, u=0,70.	735,84 GWh/año bajo hipótesis constante.
TC-05	Fuente declara potencia total y registra PUE suplementario.	No multiplicar por PUE nuevamente.
TC-06	Cambio de fecha 2029 a 2031 con fuente de mayor calidad.	Nueva versión, ajuste temporal y explicación.
TC-07	Documento antiguo corrige cifra 100 a 80 MW.	Informe previo recuperable; rectificación trazada.
TC-08	Usuario lector intenta publicar alerta.	Operación denegada y auditada.
TC-09	Texto malicioso en documento externo intenta modificar instrucciones.	Extractor ignora instrucciones y registra anomalía.
TC-10	Capacidad de red expresada para zona no comparable.	Bloqueo de cociente y advertencia geográfica.
TC-11	Restauración de copia de seguridad de ensayo.	Registro y resultados íntegros dentro de RTO/RPO objetivo.
TC-12	Reejecución de escenario desde manifiesto congelado.	Resultados y hash idénticos o desviación explicada.

10.3 Métricas y evidencia de aprobación

Cobertura documental, tasa de duplicados aceptados incorrectamente, precisión de extracción sobre corpus etiquetado, porcentaje de cálculos reproducibles, incidencias por gravedad, tasa de resultados «no evaluable», discrepancias encontradas por especialistas, duración de informes y valoración del usuario. Los umbrales deberán cerrarse tras estudio de viabilidad; no se inventan tasas de precisión.

10.4 Acta de validación

Cada prueba archivará identificador, versión, datos congelados, entorno, pasos, resultado esperado, resultado real, evidencia, defecto, responsable, reensayo y aprobación. La revisión independiente confirmará alcance y reservas: no equivale a certificación de aptitud para operación de la red.

11. Plan de implementación y puertas de decisión

Periodo	Actividades principales	Salida / puerta
M1–M3	Gobierno de datos, alcance, arquitectura inicial, inventario fuente y contratación clave.	Diccionario y matriz de disponibilidad aprobados.
M4–M6	ETL, modelo temporal, prototipo mapa y nota A.	Gate A: caso mínimo reproducible.
M7–M9	Simulador, fórmulas, escenario por fases y tests.	Motor matemático validado por casos de referencia.
M10–M12	Riesgo con compuerta de evidencia, panel e informes.	Demostración territorial íntegra.
M13–M15	Seguridad, robustez, preparación de piloto, entrevistas.	Protocolo de piloto y matriz de riesgos.
M16–M18	Pruebas de integración, revisión independiente y piloto.	Gate B: informe de hallazgos y defectos.
M19–M21	Piloto adicional si procede, precio experimental y contratos.	Evidencias comerciales, no ventas supuestas.
M22–M24	Corrección, documentación, inversión y decisión de escala.	Gate C: escalar, pivotar o pausar.

11.1 Dependencias críticas

La simulación depende del diccionario de potencia y de fecha; el análisis territorial depende de correspondencias eléctricas válidas; la evaluación de riesgo depende de evidencia suficiente; la publicación depende de revisión; el piloto industrial depende de acuerdos, licencias y seguridad; la comercialización depende de señales de pago.

11.2 Gestión del proyecto

Seguimiento quincenal técnico, control mensual de costes y revisión por hitos semestrales. Toda modificación sustancial de alcance contará con solicitud de cambio que contenga presupuesto, efecto en plazos, riesgos y aprobación. La reserva no financiará ampliaciones indiscriminadas.

12. Budget integral: descomposición y control

12.1 Personal

Rol	Fórmula estimada	Coste (€)
Ingeniería energética	0,75 ETC × 24 meses × 4.500 €/mes ETC	81.000
Desarrollo software	1 ETC × 24 meses × 4.800 €/mes ETC	115.200
IA y datos	0,75 ETC × 24 meses × 4.700 €/mes ETC	84.600
Desarrollo comercial	0,50 ETC × 18 meses × 4.200 €/mes ETC	37.800
UX/UI	0,25 ETC × 12 meses × 3.800 €/mes ETC	11.400
TOTAL PERSONAL		330.000

12.2 Servicios y operaciones

Partida	Alcance presupuestado	Importe (€)
Validación externa	Revisión ingeniería, supuestos y pruebas	32.000
Datos y licencias	Acceso, normalización y derechos de uso	24.000
Cloud y cómputo	Entornos, bases, almacenamiento, copias	22.000
Pilotos	Configuración, sesiones, soporte y entregables	18.000
Jurídico y propiedad intelectual	Contratos, titularidad y licencias	12.000
Investigación comercial	Entrevistas y propuestas	14.000
Viajes	Reuniones y actividades industriales	10.000
Ciberseguridad	Revisión de arquitectura, permisos y pruebas	14.000
TOTAL SERVICIOS		146.000

12.3 Matriz de imputación A/B/C

Naturaleza	A (€)	B (€)	C (€)	TOTAL (€)
Personal	65.000	210.000	55.000	330.000
Servicios	30.000	65.000	51.000	146.000
Costes directos	95.000	275.000	106.000	476.000
Contingencia no asignada	—	—	—	47.600
PRESUPUESTO TOTAL	—	—	—	523.600

12.4 Matriz cruzada de servicios (conciliación)

Servicio	A (€)	B (€)	C (€)	Suma (€)
Validación técnica	16.000	14.000	2.000	32.000
Datos y licencias	10.000	12.000	2.000	24.000
Cloud	2.000	18.000	2.000	22.000
Pilotos	0	0	18.000	18.000
Jurídico / IP	0	2.000	10.000	12.000
Comercial	0	3.000	11.000	14.000
Viajes	2.000	2.000	6.000	10.000
Seguridad	0	14.000	0	14.000
TOTAL	30.000	65.000	51.000	146.000

12.5 Contingencia y escenarios

Coste directo = 330.000 + 146.000 = 476.000 €. Reserva del 10 % = 47.600 €. Total = 523.600 €. La reserva se aprueba contra desviaciones documentadas y no se imputa dos veces a A/B/C. Si los costes directos aumentaran 10 % y se mantuviera reserva 10 % sobre los nuevos directos, el total sería 575.960 €. Si disminuyeran 10 %, sería 471.240 €.

12.6 Calendario de tesorería

Periodo	Desembolso (€)	Principal avance
M1–M6	110.000	Inventario, método, prototipo.
M7–M12	145.000	Motor y panel.
M13–M18	150.000	Validación y piloto.
M19–M24	118.600	Segunda fase comercial y cierre.
TOTAL	523.600	Horizonte 24 meses.

12.7 Financiación de referencia no comprometida

Fuente hipotética	Objetivo (€)	Situación
Inversión privada o socio estratégico	300.000	No confirmada.
Ayudas competitivas de I+D	150.000	No concedidas; elegibilidad por verificar.
Cofinanciación adicional	73.600	No acreditada.
TOTAL	523.600	Esquema objetivo, no caja disponible.

12.8 Exclusiones y compras

Es necesario presupuestar IVA según recuperabilidad, gastos indirectos, seguros, hardware especial, responsabilidades contractuales y costes de empresa reales. Las tarifas son hipótesis de planificación; antes de presentar una oferta financiable se requerirán cotizaciones, calendario de pagos y matriz de costes elegibles. No se atribuye financiación a InnoEnergy.

13. Riesgos del proyecto y planes de respuesta

ID / riesgo	Señal temprana	Respuesta y decisión
R1 / Datos de red inaccesibles	La región carece de datos de conexión comparables	Limitar la salida a demanda y evidencia contextual.
R2 / MW inconsistentes	Una fuente habla de IT y otra de total	Bloquear sumas y revisar definiciones.
R3 / Duplicados	Campus y fases reportados por separado	Reconciliación manual y jerarquía de instalaciones.
R4 / Predicción no validada	Fallo frente a referencias o datos externos	Retirar etiqueta «predictivo»; continuar con escenarios.
R5 / Seguridad y licencias	Falta de derechos o incidentes	Cuarentena de datos y suspensión de publicación.
R6 / Piloto sin socio	Ausencia de carta de interés	Piloto público documentado y nueva prospección.
R7 / Mercado débil	Entrevistas sin dolor ni presupuesto	Pivotar segmentos o detener inversión.
R8 / Sobrecoste	Desviación superior a umbral definido	Replanificación por hitos y liberación controlada.
R9 / Financiación no obtenida	Brecha de caja en horizonte próximo	Reducir alcance y posponer escalado.

13.1 Registro de decisión

Toda decisión de seguir, pivotar o detener documentará fecha, comité, datos disponibles, incertidumbres, coste de oportunidad, impactos sobre A/B/C y responsable. Se evita tratar una solicitud recibida por InnoEnergy como compromiso de inversión o señal de aprobación técnica.

14. Anexos de ingeniería y control

Anexo I. Ficha de fuente mínima

Campo	Contenido obligatorio
Identificador y emisor	Código, organismo o empresa emisora y responsable de captura.
Localizador	Enlace, referencia documental y/o hash de copia legal.
Fechas	Publicación, vigencia, captura y revisión.
Derechos	Licencia, restricciones, permiso de uso y republicación.
Objeto del dato	Instalación, fase, nodo, zona o agregado.
Magnitud	Valor, unidad, tipo y alcance físico.
Calidad	Verificación, conflicto, cobertura e incertidumbre.
Historial	Versiones, cambios y decisión editorial.

Anexo II. Ejemplo de manifiesto reproducible

Un manifiesto de ejecución incluirá run_id, scenario_version, dataset_snapshot_id, calculation_engine_version, parameters (P_total, u, PUE solo si procede, horizonte, puesta en servicio), reference_hours, warnings, output_hash y reviewer_id. La reconstrucción deberá recuperar la misma entrada y producir salidas numéricamente iguales.

Anexo III. RACI de responsabilidades (propuesto)

Actividad	Responsable ejecutor	Aprobador / control
Catálogo y calidad de datos	Especialista de datos	Responsable técnico de investigación.
Formulación energética	Ingeniero eléctrico	Revisor externo en hitos.
Motor y despliegue	Ingeniería de software	Dirección técnica.
Publicación de riesgo	Analista editorial	Revisor de dominio autorizado.
Seguridad y privacidad	Responsable seguridad / asesor	Dirección y asesoría jurídica.
Pilotos y contratos	Desarrollo comercial	Dirección de proyecto.
Presupuesto y compras	Gestión de proyecto	Responsable financiero designado.

Anexo IV. Lista de aceptación para el primer piloto

- Existe inventario congelado y lista de fuentes con licencias comprobadas.
- Los MW se han clasificado y los duplicados resuelto o etiquetado.
- Se documentan escenarios, reglas de cálculo y supuestos por fase.
- La salida «datos insuficientes» está probada y no se convierte en cero.
- El análisis de capacidad se limita a datos compatibles o se abstiene.
- Los informes muestran versiones, fecha de corte, citas y advertencias.
- Se ha superado revisión técnica independiente del alcance acordado.
- Seguridad y restauración de copia han sido ensayadas.
- Cada discrepancia tiene propietario, resolución y reensayo.
- Se ha realizado acta de cierre y decisión de producto.

Anexo V. Plan de verificación de cifras

Todos los importes del presupuesto se recalcularán sobre un libro de trabajo con fórmulas, dedicaciones y facturas cuando existan. La energía del ejemplo se recalculará de manera independiente. Las fuentes de mercado y regulatorias se actualizarán para cada presentación externa; este expediente no certifica cifras actuales del sector ni convierte estimaciones de demanda en hechos observados.

15. Declaración de madurez y cierre

Situación: SolventIA Energy cuenta con una propuesta de observatorio y antecedentes de investigación, escenarios y fuentes según el expediente precedente. El presente documento completa su diseño técnico y económico sobre el papel. No acredita que el software, APIs, bases de datos, pruebas, sistema de alertas, pilotos, acuerdos o modelos predictivos se hayan implementado o superado validación independiente.

Resultado esperado: un producto de apoyo a decisiones que indique dónde existe nueva demanda de infraestructura de IA, qué información eléctrica verificable está disponible, qué se puede calcular con rigor y cuándo corresponde no emitir una conclusión. La propuesta financiera asciende a 523.600 € durante 24 meses, sujeta a contratación, financiación, permisos y revisión.

Regla de excelencia: un resultado desconocido correctamente explicado es preferible a una puntuación atractiva sin base física. Ese principio debe presidir todo el ciclo de SolventIA Energy.